Lane Medical L

Über Versuche zum Nachweis der von den Oxydationen abhängigen Wärmebildung im Froschherzen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Bad. Ruprecht-Karls-Universität in Heidelberg

vorgelegt von

Werner Heilbrun

aus Erfurt in Preußen

1927

Heidelberg
Druck von Heinrich Dörr
1927

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Heidelberg:

Dekan: Prof. **von Baeyer**

Referent: Geh. Rat **Krehl**

1927.

Meinen Eltern gewidmet.

Ueber Versuche zum Nachweis der von den Oxydationen abhängigen Wärmebildung im Froschherzen.

In einer Untersuchung über die Energieumwandlungen am Herzmuskel*) wurde eine Prüfung der Wärmebildung und Arbeitsleistung des Froschherzens in seiner eigentlichen Tätigkeitsphase vorgenommen. Es wurden hier die während der Systole und Diastole des Froschherzens auftretenden Temperaturschwankungen gemessen, ohne Berücksichtigung der konstanten Wärmebildung, die durch die zu erwartende Unvollkommenheit der Oekonomie der letzten Endes energieliefernden, wohl chemischen Vorgänge bedingt ist. Diese Wärmebildung, die wir nach Erfahrungen am Skelettmuskel (A. V. Hill, O. Meyerhof) in Abhängigkeit von Sauerstoffverbrauch auftreten sehen, nachzuweisen, war Zweck vorliegender Arbeit. Von vornherein kam es dabei nur auf den relativen Nachweis an.

Die Messung einer konstanten Wärmebildung erfordert im Prinzip die Anwendung einer kalorimetrischen Methode, die, wenn tatsächlich die Summe aller Wärmebildungen während der Systole und Diastole gleich Null ist, wie aus den Versuchen von Bohnenkamp zu entnehmen ist, die gebildete Wärmemenge aus Temperaturerhöhung, Wärmekapazität und Zeit zu berechnen gestatten würde. Dies würde jedoch ein später zu erwähnenden unvermeidlichen Eingriffen zugängliches und doch gegen jeden Wärmeaustausch nach außen

*) H. Bohnenkamp. Zeitschrift für Biologie. 84. 79 ff. 1926.

völlig geschütztes System von so geringer Wärmekapazität erfordern, daß die Temperaturerhöhung noch leicht messbar wäre. Dies erschien zunächst nicht erfüllbar. Ich wandte daher auf Anraten von Prof. Bohnenkamp aus diesem Grunde folgende Methode an: Eine gleich bleibende Wärmequelle wird durch wenn auch nicht bekannte, so doch konstante thermische Ableitungswiderstände mit einem System von verhältnismäßig großer Wärmekapazität und genügend konstanter Temperatur verbunden. Im Verlauf einer ausreichend langen Zeit wird nun eine Temperaturdifferenz aufrecht erhalten, die der von der Wärmequelle in der Zeiteinheit gelieferten Wärmemenge proportional sein muß.

Ein solcher thermischer Widerstand und zugleich ein bewährtes Mittel, die entstehende Temperaturdifferenz zu messen, bot sich uns in den Thermosäulen dar, wie sie in der oben erwähnten Arbeit angegeben sind. Als Wärme aufnehmendes System konstanter Temperatur dienten besonders dick angefertigte und nach unten ragende sogenannte „kalte Lötstellen“, die in der Mehrzahl der Versuche eigens noch in Flüssigkeit (Ringerlösung oder Quecksilber) eintauchten. Die ganze Thermosäule mit dem Herzen selbst in Ringerlösung zu versenken, erwies sich als unvorteilhaft, weil leicht störende Temperaturschichtungen in der Flüssigkeit eintraten. Die Lötstellen der Thermosäulen wurden zuerst einzeln aus Eisen und Konstantan mit Hartlot gelötet, mit Hammer, Schere und Feile so bearbeitet, daß sie nicht dicker als der dünne Draht selbst wurden, dann gebogen und in einen noch nicht erstarrten Pizëinring eingelegt und nun erst die äußeren Drahtenden recht dick auch mit Hartlot verlötet, um ihre Wärmekapazität zu erhöhen uud sie gegen Temperaturschwankungen unempfindlicher zu machen. Der Pizëinring wurde entweder zur Erhöhung der Stabilität

der Thermosäule an ihr belassen oder zur Erzielung größerer Beweglichkeit mit geeigneten Mitteln entfernt. (Erhitzen in flüssigem Paraffin, Chloroform, s. Bohnenkamp.) Gegen Verrosten wurden die dünnen Drähtchen mit einem Ueberzug schwarzen Isolierlacks geschützt. Die Zahl der Lötstellen betrug 4 bis 8, der Widerstand der ganzen Thermosäule 5 bis 10 Ohm.

Das Herz und die Thermosäule waren an einer Kanüle mit Olive nach Art der Straub'schen Kanüle befestigt. Ihre Spitze war durch die Aorta in die Ventrikel eingeführt und mit Seide festgebunden. So konnten die Untersuchungen bei spontan schlagendem Herzen vorgenommen werden. Die Kanüle war etwa 5 mm lang und erweiterte sich bauchig zu dem Gefäß in Abb. 1. Oberhalb der Herzmitte stand die Ringerlösung etwa 1 cm hoch. Sie wurde während des Versuchs durch das Rohr (r) mit Hilfe einer Mariotte'schen Flasche langsam mit Luft durchspült, sodaß gleichmäßig etwa alle 10 Sekunden ein Bläschen durch die Flüssigkeit perlte. Die Luft gelangte dann durch das Rohr (b) wieder in die Atmosphäre. Eine Variation des Anfangsbinnendrucks des Herzens wurde absichtlich ebenso wenig wie eine genauere Messung der Arbeit vorgenommen, sondern stets unter denselben Verhältnissen gearbeitet. Da jedoch die ganze Anordung in ein Glasgefäß mit luftdichten, mit Federn zusammengehaltenem Schliff eingeblasen war, konnte nach Abschluß des Dreiwegehahns die Herztätigkeit in folgender Weise beobachtet werden: Ueber das Rohr (a) und einen Druckschlauch stand der „Herzaußenraum", d. h. der durch das Gefäß (s. Abb. 1) abgeschlossene Raum mit einem wagrechten offenen Glasröhrchen in Verbindung. In diesem befand sich ein mit Alkannatinktur gefärbter Petroleumtropfen, der sehr geringe Reibung hatte und den Kontraktionen des

Herzens hinreichend getreu folgte. Da es wegen etwaiger Temperaturveränderungen im Herzaußenraum notwendig war, den Tropfen in der Kapillare verstellen zu können, war über ein T-Stück der Herzaußenraum außerdem mit einer Rekordspritze verbunden. Im Prinzip wäre bei Anwendung weitgehender, weiter unten zu beschreibender Vorsichtsmaßregeln mit der angegebenen Anordnung nach Verlauf genügend langer Zeit eine konstante Temperaturdifferenz zwischen den inneren an der Herzoberfläche anliegenden und den äußeren, in die Flüssigkeit eintauchenden Lötstellen zu erwarten gewesen, wenn nicht Ursachen ganz äußerer Art, deren Besprechung hier zu weit führen würde und auch praktisch ohne Wert ist, Temperaturdifferenzen darüber lagern würden, deren Höhe keiner Berechnung oder auch nur Wiederholung zugänglich ist.

Aus diesem Grunde wurde eine Differentialmethode angewandt, die darauf beruht, daß man mit dem beschriebenen Verfahren zuerst in genügend langen Zeiten den Verlauf der Temperaturdifferenz verfolgt. Diese wird dann die Summe der oxybiotischen und aller anderen unerwünschten Wärmebildungen relativ zu ermitteln gestatten. Kann man zwar auch letztere schon wegen ihrer gänzlichen Unbekanntheit (Konvektionsströme, Strahlungen usw.) nicht völlig ausschalten, sondern sie nur, was bei den Versuchen natürlich stets angestrebt wurde, möglichst gering machen und vor allem für ihren stetigen Verlauf sorgen, so kann man doch erstere (die oxybiotische Wärmebildung) mit Hilfe von Blausäure-Ionen auf einen zum mindesten vernachlässigbaren Betrag herabsetzen. Verfolgt man dann weiterhin den Verlauf der Temperaturdifferenz, so ist es leicht möglich, aus dem Sprung, den diese Zeitfunktion dabei erleidet, die relative Höhe der ausgeschalteten biologischen Wärmebildung zu ermitteln.

Zu diesem Zweck mündete in das Gefäß der Herzkanüle ein zweites gegen die Straubkanüle durch einen Dreiwegehahn 3 in der Abb. 1 abschließbares Gefäß 2, in das vor Beginn des Versuches die zur Ausschaltung der Oxydation bestimmte Blausäure-Ringerlösung eingefüllt werden konnte. An dem Dreiwegehahn war mit Pizëin ein dünnes Fädchen befestigt, das durch ein Rohr aus dem durch den erwähnten Glasschliff ja abgeschlossenen Herzaußenraum und dem zum thermischen Schutz verwendeten Dewargefäß geleitet war, derart, daß man von außen den Hahn so öffnen konnte, daß das Giftgefäß mit der Herzkanüle in Verbindung trat. Das Giftgefäß war durch ein durch den Schliff gehendes Rohr (4, Abb. 1) ebenfalls mit der Außenwelt in Verbindung, sodaß, nachdem die Ringerlösung aus der Kanüle abgesaugt und der Dreiwegehahn geöffnet war, die Blausäure-Ringerlösung von außen mit einer Rekordspritze hineingepumpt werden konnte. Nach der Vergiftung des Herzens wurde die Luftdurchspülung eingestellt oder aber bei einer Reihe von Versuchen Stickstoff in die Ringerlösung und in den Außenraum des Herzens mit Hilfe folgender Vorrichtung geleitet (Abb. 2).

Der Stickstoff wurde aus einer Bombe entnommen und dann durch zahlreiche mit Windungen versehene Glasgefäße ganz langsam geleitet, damit er die Temperatur des Raumes annahm. Dann perlte er durch zwei mit alkalischer Pyrogallollösung gefüllte Waschflaschen (1a u. 1b in d. Abb.), damit die letzten Reste Sauerstoff entfernt wurden. Ein Dreiwegehahn (H, Abb. 2) ermöglichte dann die abwechselnde Einleitung des Gases in die Ringerlösung und in den Herzaußenraum. Zur Durchspülung der Ringerlösung wurde dasselbe Rohr wie zur Luftleitung benutzt. In den Außenraum des Herzens, also in den Innenraum des Schliffgefäßes, führte durch den Schliff ein dünnes Glasrohr (5, Abb. 1) bis über die Herzkanüle

durch das von dem Dreiwegehahn der Stickstoff eingeleitet wurde. Ausströmen konnte das Gas durch das durch den Schliff geführte Glasrohr (a), das gleichzeitig, wenn kein Gas eingeleitet wurde und das dazu dienende Glasrohr abgeschlossen war, zu Registrierung der Herztätigkeit diente. (s. o.). Der ganze Kopfteil des Gefäßes war durch eine 2 cm dicke Korkplatte gebohrt und mit Pizëin darinnen festgekittet.

Um das Herz gegen Wärmeeinflüsse durch Strahlung und Leitung zu schützen, wurde das ganze Gefäß mit der Korkplatte als Verschluß in ein doppelwandiges evakuiertes und verkupfertes Glasgefäß (Dewargefäß) (D) mit Sehschlitz geschoben, aus dem wie in Abb. 2 ersichtlich die Zuleitungen heraussahen. Um die Temperatur im Zimmer möglichst konstant zu halten, wurden die Versuche in einem vollständig verdunkelten Kellerraum vorgenommen, der außer zu Beginn der Versuche und zu den Ablesungen nicht betreten wurde. Alle zu den Versuchen nötigen Instrumente und Flüssigkeiten befanden sich dauernd und lange schon vorher in diesem Raum, damit sie seine Temperatur annahmen. Zum Versuch wurde die Kanüle dann so in das Herz eingeführt, daß der Apparat am Kork angefaßt wurde und die Kanüle gar nicht berührt wurde. Dann wurde die Anordnung noch mit derselben Ringerlösung abgespült, die auch zur Speisung des Herzens diente, damit größere Temperaturunterschiede nach Möglichkeit vermieden waren. Der Apparat wurde dann in das Schutzgefäß eingeführt und die Ringerlösung mit Luft durchperlt.

Zur Messung der Spannung der Thermosäulen, die ja als Maß der Temperatur dienten, benutzten wir ein Drehspulgalvanometer von 7,5 Ohm Widerstand*). Die ersten Ablesungen wurden erst nach einer Stunde nach Versuchs-

*) Von Hartmann und Braun.

beginn vorgenommen. Weitere Ablesungen wurden im allgemeinen mindestens jede halbe Stunde gemacht, und wenn dann der Ausschlag konstant geworden war oder wenigstens einen nicht zu großen stetigen und systematischen Gang angenommen hatte, wurde die Luftdurchperlung abgebrochen und die Ringerlösung abgesaugt. Dann wurde mit dem erwähnten Faden der Hahn des Giftgefäßes nach der Herzkanüle geöffnet und die Blausäure-Ringerlösung mit Hilfe einer Rekordspritze in die Kanüle gepumpt und zwar wurde ebenso viel Flüssigkeit eingefüllt als vorher darin war.

Bei einer Reihe von Versuchen wurde außerdem durch die Herzkanüle und in das Innengefäß (Herzaußenaum) Stickstoff geleitet. Bei wieder anderen Versuchen wurde auch nur durch die Ringerlösung und das Innengefäß Stickstoff geleitet und die Vergiftung mit Blausäure weggelassen. Bei der Anwendung von 5‰ Mol Blausäurelösung hörte das Herz nach 3 bis 5 Minuten auf zu schlagen, bei 1% Mollösung schlug es noch einige Zeit weiter. Es wurde dann wieder alle viertel bis halbe Stunde abgelesen, und wenn der Ausschlag nach längerer Zeit wieder stetig blieb, der Versuch abgebrochen oder der Versuch gemacht, den Vorgang reversibel zu gestalten. Zu diesem Zweck wurde die Blausäure-Ringerlösung ausgespült. Gegebenenfalls wurde der Stickstoffstrom abgestellt und Sauerstoff dafür eingeführt. Es gelang aber nur selten die Wärmebildung des Herzens wieder einigermaßen auf die frühere Höhe zu bringen, weil die Vergiftung im allgemeinen zu stark nachwirkte. Zuletzt wurde noch versucht, das Gewicht des Herzens nach oberflächlicher Trocknung mit Filtrierpapier festzustellen, was aber stets zu recht ungenauen Werten führt, weil in der stark septierten Ventrikelinnenwand doch immer noch Flüssigkeit zurückbleibt. Das Gewicht des Ventrikels schwankte

zwischen 100 bis 200 mgr. Zu den Versuchen wurden große Exemplare von Rana esculenta verwandt. Die Zahl der wirklich gelungenen Versuche betrug 12.

Die Versuche erstreckten sich von August 1925 bis September 1926. An einem Tage konnte stets nur ein Versuch vorgenommen werden, der sich meist über 12 Stunden erstreckte.

Ergebnisse:

Die Versuche verliefen nach Ueberwindung der rein instrumentellen Schwierigkeiten (Ausschaltung von Kontaktpotentialen, mechanischen Erschütterungen usw.) durchweg eindeutig. Es zeigte sich in allen überhaupt verläßlichen Experimenten die von der Sauerstoffzehrung abhängige Wärmebildung durch vermehrten Galvanometerausschlag an. Bei Hemmung der Oxydationen durch Sauerstoffentziehung in Stickstoffumgebung oder durch Blausäurevergiftung ging der Galvanometerausschlag sogleich zurück, d. h. die Spannung an den Enden der Thermosäule, infolge der Temperaturdifferenz an den inneren „warmen“ und äußeren „kalten“ Lötstellen sank ab, das Herz wurde kälter.

Als Beleg dieser, wie gesagt, rein qualitativen Feststellung werden zunächst die kurvenmäßig veranschaulichten Protokolle von Versuch 1, 3, 8, 9 und 10 vorgelegt.

Versuch 1 zeigt, wie bei ungenügender Sauerstoffzufuhr, wie sie der Mangel einer O_2 Durchperlung, der das Herz speisenden Ringerlösung darstellt, die Wärmebildung des Herzens nachläßt. Sowie Luft, bezw. O_2 zugeführt wird, erhöht sich die Herztemperatur als zu vermutender Ausdruck steigender Oxydationen. Werden diese nun wieder durch Blausäure gehemmt, sinkt sogleich die Wärmebildung ab.

Protokoll von Versuch 1:

6 Lötstellenthermosäule
Drahtdicke 0,1 mm Durchmesser
Widerstand 7,535 Ohm
Zimmertemperatur 21,5 Grad Celsius
Mechanischer Nullpunkt des Galvanometers + 19,5
Keine Luftdurchperlung

Ablesungen:	Zeit	Skalenteile
	12^{35}	+ 55,5
	1^{50}	+ 33,5
	5^{02}	+ 28,5

Dann langsames Durchperlen von Luft

	5^{17}	+ 31,7
	5^{55}	+ 33,0

6^{10} Absaugen der Ringerlösung. Einlaufenlassen der Blausäure-Ringerlösung.

	6^{15}	20,0
	7^{11}	18,0

Herzgewicht 124 mgr.
Die kalten Lötstellen tauchen in Ringerlösung.
Dazu Kurve 1.

Beim Versuch 3 wird, nachdem 4 Ablesungen im Verlauf einer Stunde ziemliche Temperaturkonstanz an den beiden Lötstellengruppen der Thermosäule erwiesen, plötzlich eine Hemmung der Oxydationen durch Blausäurevergiftung durchgeführt. Sogleich kühlt sich das Herz ab, der Galvanometerausschlag geht zurück. Zur besseren Uebersicht wurde die Differenz durch Extrapolation des Galvanometerganges vor der O_2Hemmung noch mehr hervorgehoben (s. Abb. Kurve 2).

Protokoll zu Versuch 3:

6 Lötstellenthermosäule
Drahtdicke 0,1 mm
Widerstand 8,773 Ohm
Zimmertemperatur 20 Grad Celsius
Mech. 0 Punkt + 1
Luftdurchperlung

Ablesungen:	Zeit	Skalenteile	Herzfrequenz pro Min.
	1^{29}	+ 50	52
	1^{43}	+ 49,5	
	2^{06}	+ 49,7	
	2^{28}	+ 49,5	44
	2^{34} HCN!		
	3^{01}	+ 38,5	32
	4^{30}	+ 32	36
	6^{50}	+ 30	

Abfall 16 Skalenteile

Dazu Kurve 3.

In Versuchen 8 und 9 werden bei einem bestimmten Gange des Galvanometerausschlages plötzlich durch HCN-Vergiftung die Verbrennungsvorgänge im Herzen gehemmt, sogleich sinkt bei im übrigen ähnlichen Gange die Herztemperatur als Maß dieser Vorgänge ab.

Protokoll zu Versuch 8:

6 Lötstellenthermosäule (s. o.)

Drahtdicke 0,1 mm

Die kalten Lötstellen tauchen in Ringerlösung

Zimmertemperatur 19,5 Grad Celsius

Luftdurchperlung

Mechan. Nullpunkt — 3

Ablesungen:	Zeit	Skalenteile
	2^{57}	+ 158
	3^{36}	+ 120
	4^{33}	+ 99
	5^{37}	+ 91
	5^{30} HCN!	
	5^{54}	+ 55
	7^{03}	+ 42
	7^{26}	+ 38

Abfall 33 Skalenteile

Dazu Kurve 4.

Protokoll zu Versuch 9:

6 Lötstellenthermosäule (s. o.)

Drahtdicke 0,1 mm

Die kalten Lötstellen tauchen in Ringerlösung

Zimmertemperatur 19 Grad Celsius
Mechan. Nullpunkt + 0,5

Ablesungen:	Zeit	Skalenteile
	3^{12}	+ 140
	3^{44}	132
	4^{28}	104
	5^{03}	88
	5^{05} HCN!	
	5^{10}	+ 70
	6^{24}	49
	6^{54}	42

Abfall 20 Skalenteile
Dazu Kurve 5.

Versuch 10 zeigt ein gleiches Verhalten bei anderem Galvanometergange.

Protokoll zu Versuch 10:

4 Lötstellenthermosäule
Drahtdicke 0,1 mm
Die kalten Lötstellen tauchen in die das Herz versorgende Ringerlösung
Zimmertemperatur 19 Grad Celsius
Luftdurchperlung
Mechan. Nullpunkt — 14,5

Ablesungen:	Zeit	Skalenteile	Herzfrequenz pro Min.
	4^{18}	+ 27,5	44
	4^{48}	+ 24,5	
	5^{10}	+ 27,5	
	5^{14} HCN!		
	5^{35}	0	Herz schlägt
	5^{57}	0	Herz steht still
	6^{20}	+ 1	

Herzgewicht 105 mgr.
Abfall 25 Skalenteile
Dazu Kurve 6 (vom Versuch 10)

Es könnte angesichts dieser Beobachtung der Einwand erhoben werden, daß diese oft jähen Temperaturabstürze in den vorgelegten Kurven durch ganz andere Einflüsse aus der Umgebung hervorgerufen seien, z. B. daß der Wechsel der

Ringerlösung an sich trotz der oben besprochenen Vorsichtsmaßnahmen die gemessene Temperaturveränderung hervorrufen. Um gerade auch hierin größere Klarheit zu gewinnen, wurden die Versuche so abgeändert, daß die Ringerlösung selbst nicht ausgewechselt wurde, statt dessen aber einmal mit Stickstoff allein und dann nach Abstellung des Stickstoffstromes mit Luft versorgt wurde oder umgekehrt.

Das Ergebnis eines solchen Versuches als Beweis unserer Auffassung von der „verzögerten Wärmebildung" beim Herzen wird in der nächsten Abbildung Versuch 26 vorgelegt.

Protokoll zu Versuch 26:

4 Lötstellensäule
Drahtdicke 0,092 mm
Die kalten Lötstellen tauchen in Quecksilber
Zimmertemperatur 17 Grad Celsius
Luftdurchperlung
Mechan. Nullpunkt 0

Ablesungen:	Zeit	Skalenteile
	12^{30}	+ 145,5
	12^{45}	+ 153
	12^{50}	+ 160,5
	1^{00}	+ 166,5

Einströmenlassen von Stickstoff in das äußere Gefäß und Durchperlung der Kanüle mit Stickstoff.

	1^{30}	+ 122
	1^{41}	+ 97
	2^{09}	+ 79
	4^{10}	+ 89

4^{15} keine Stickstoffzufuhr mehr, Luftzufuhr innen und außen.

	4^{40}	+ 155
	5^{35}	+ 180
	6^{19}	+ 192
	6^{45}	+ 202
	9^{58}	+ 195

Herz schlägt noch
Dazu Kurve 7 von Versuch 26.

Man erkennt, wie sogleich nach der Abstellung der O_2-Zufuhr und Stickstoffdurchperlung die Temperatur des Herzens als Maß der Verbrennungsvorgänge sinkt, bei erneuter Luftzufuhr in deutlicher Weise wieder steigt. Dabei muß wohl im Auge behalten werden, daß die Bedingung für die Durchströmung mit den beiden Gasen völlig gleiche waren, auch hinsichtlich der Geschwindigkeit der Durchperlung.

Schließlich wird noch Versuch 33 vorgelegt, wo mit einer schwächeren 1/5000 mol. Blausäure-Ringerlösung die Vergiftung durchgeführt wurde. Es zeigt sich die gleiche schon beschriebene Wirkung der Blausäure-Jonen auf die Wärmebildung im Herzen. Bemerkenswert ist hier besonders auch der Unterschied im Gange des Galvanometers nach dem Temperatursturz, der ja immerhin durch den Wechsel der Ringerlösung an sich bedingt sein könnte, im Gegensatz zum Steigen der Skalenwerte des Galvanometers vor der Vergiftung.

Protokoll zu Versuch 33:

4 Lötstellenthermosäule
Drahtdicke 0,1 mm
Die kalten Lötstellen sind in der Luft des Herzaußenraumes Luftdurchperlung
Mechan. Nullpunkt — 180

Ablesungen:	Zeit	Skalenteile	Herzfrequenz pro Min.
	12^{04}	+ 82	
	1^{04}	+ 115	50
	1^{42}	+ 135	
	2^{48}	+ 140	
	2^{47} HCN!		
	3^{16}	— 43	
	5^{55}	— 51	
	7^{07}	— 58	

Dazu Kurve 8 von Versuch 33.

Endlich sei noch Versuch 38 als ein Beispiel unserer zahlreichen, nie recht gelungenen Bemühungen vorgeführt, die Blausäurevergiftung wieder aufzuheben. Wir sehen, wie,

nachdem fast 2 Stunden konstante Temperaturverhältnisse in unserem System herrschen, nach Blausäurevergiftung innerhalb von ca. 20 Minuten die Herztemperatur sinkt. Ausspülen der Giftlösung und Ersatz durch einfache Ringerlösung bewirkt zwar kurz einen Temperaturanstieg, aber das Herz versiegt in seiner Eigenschaft als Wärmequelle. Es gelingt nicht, von Neuem die Oxydationen anzufachen. Es bleibt hier bei der Geringfügigkeit des Ausschlages nach Abstellung der Blausäure-Einwirkung natürlich die Frage, ob dieser als Ausdruck einer Erholung bewertet werden darf.

Protokoll zu Versuch 38:

4 Lötstellenthermosäule

Drahtdicke 0,1 mm

Die kalten Lötstellen sind in der Luft des Herzaußenraumes Luftdurchperlung

Mechan. Nullpunkt — 198

Ablesungen:	Zeit	Skalenteile	Herzfrequenz pro Min.
	8^{30}	— 155	44
	9^{35}	— 155	
	10^{30}	— 154	
	10^{35} HCN!		
	10^{42}	— 165	Herzstillstand
	11^{47}	— 183	
	12^{10}	— 184	

12^{15} Abgießen der HCN-Ringerlösung. Ausspülen und Einlaufenlassen von Ringerlösung.

Ablesungen:	Zeit	Skalenteile	Herzfrequenz pro Min.
	12^{27}	— 183	
	1^{30}	— 183	
	2^{58}	— 190	

Dazu Kurve 9 von Versuch 38.

Eine überschauende Betrachtung läßt erkennen, daß das gesteckte Ziel grundsätzlich erreicht ist. Es gelingt mit dem angegebenen Verfahren, qualitativ überzeugend den Einfluß der Oxydationen auf die Wärmebildung im Herzen nachzuweisen. Da auf dem hier beschrittenen Wege zur Zeit eine größere Genauigkeit in den

Beobachtungen nicht zu erreichen ist, diese selbst aber eine nicht ohne weiteres beherrschbare Abhängigkeit von äußerem dem Meßverfahren anhaftenden Einflüssen zeigen, wurde absichtlich die Berechnung auch nur der schätzungsweisen Größe der oxydativen Wärmebildung unterlassen. Ein solches Unterfangen würde nur den Schein erwecken, als ob es auf diesem Wege gelänge, wirklich quantitativ verläßliche Werte zu erhalten. Immerhin erscheint es uns wichtig, unseres Wissens zum ersten Mal am Herzen überzeugend die Abhängigkeit der Wärmebildung vom Sauerstoffverbrauch, d. h. also die oxydative, die „verzögerte“ Wärmebildung (A. V. Hill) gezeigt zu haben.

Ich möchte auch an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Bohnenkamp für die Anregung zur Arbeit und für vielfache Förderung meinen Dank aussprechen.

Lebenslauf.

Ich wurde als Sohn des Bankiers Otto Heilbrun in Erfurt am 24. Dezember 1902 geboren. Ich besuchte die dortige Oberrealschule und bestand die Abschlussprüfung im Frühjahr 1921. Dann studierte ich Medizin, 2 Semester in Freiburg i. B. und 3 Semester in München. Nach bestandener ärztlicher Vorprüfung in München studierte ich 2 Semester in Berlin und 3 Semester in Heidelberg. Das medizinische Staatsexamen bestand ich im Frühjahr 1926 in Heidelberg. Während meines praktischen Jahres war ich 6 Monate an der Medizinischen und 6 Monate an der Psychiatrischen Klinik in Heidelberg.

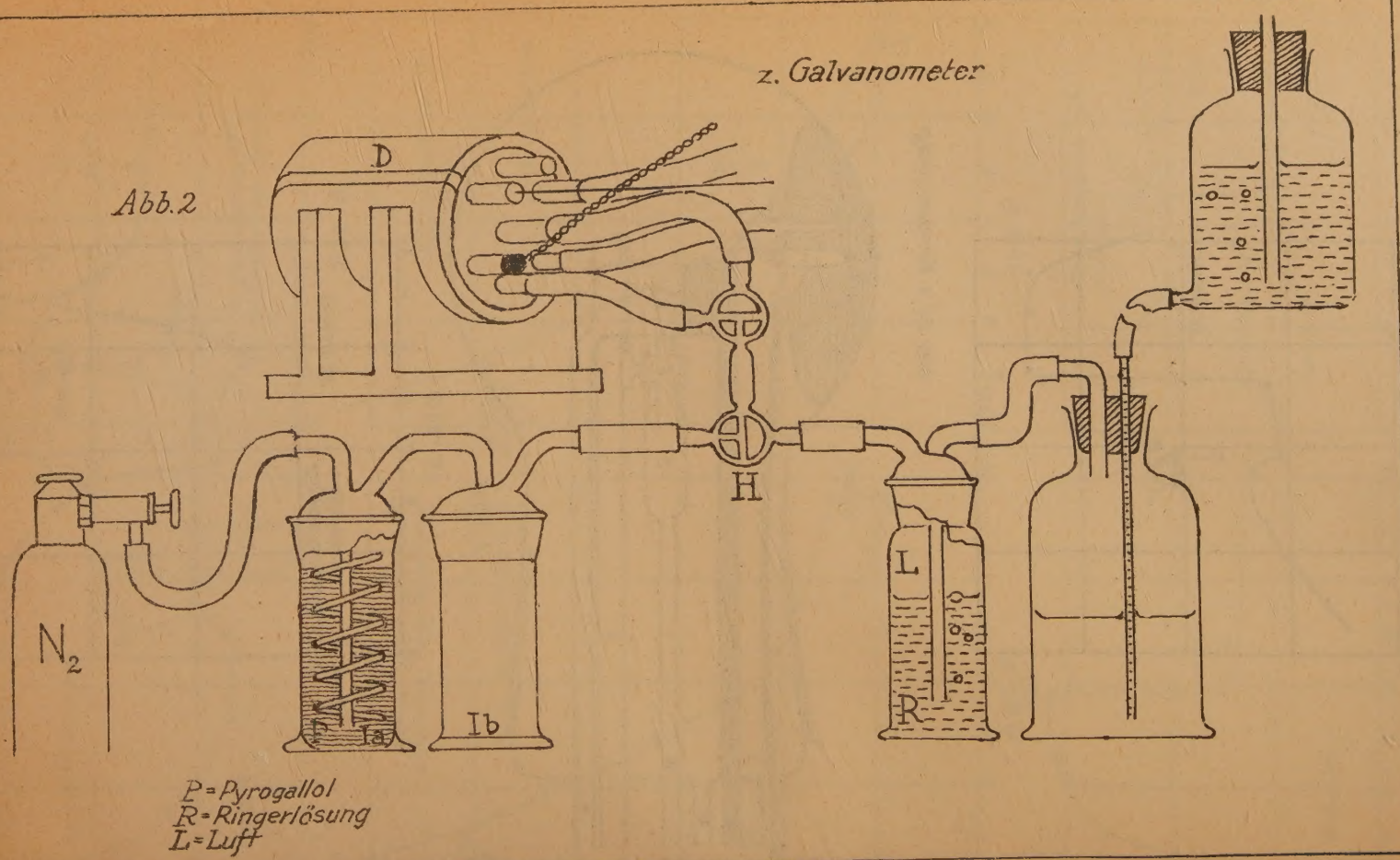


Abb. 2

P = Pyrogallol
R = Ringerlösung
L = Luft

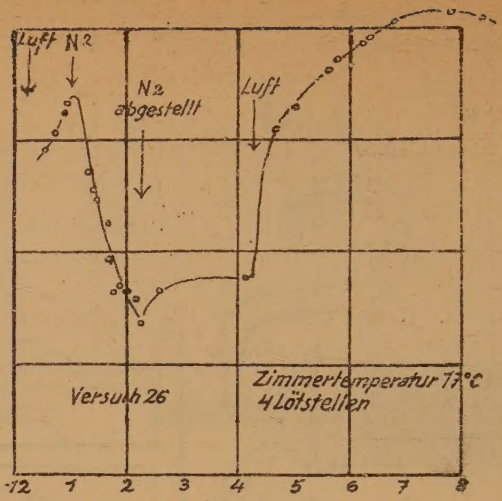
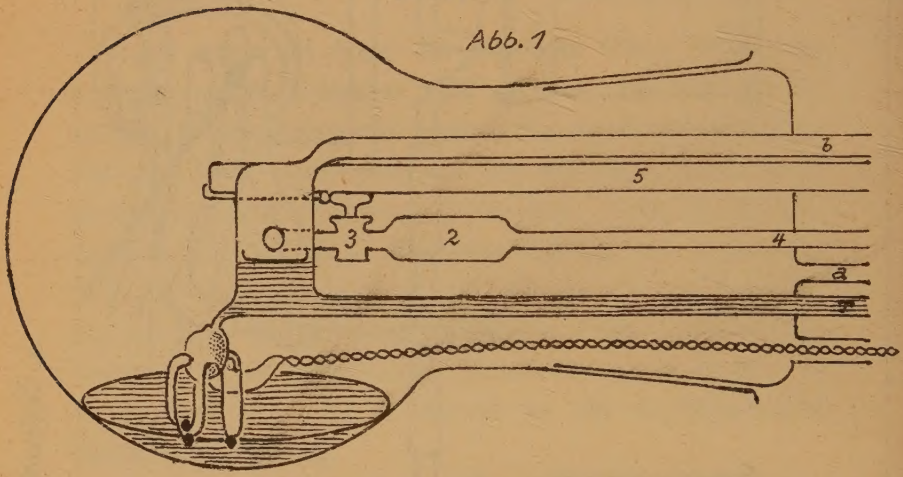


Abb. 3.



Beschreibung s. im Text

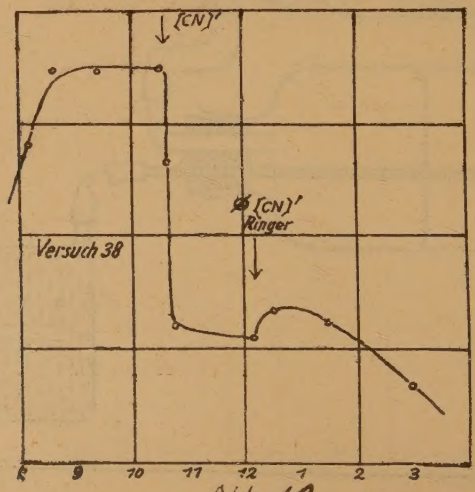


Abb. 10.

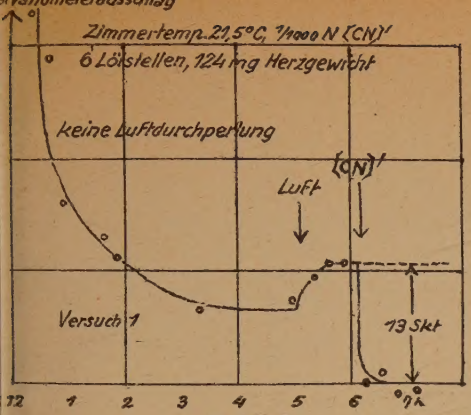


Abb. 8.

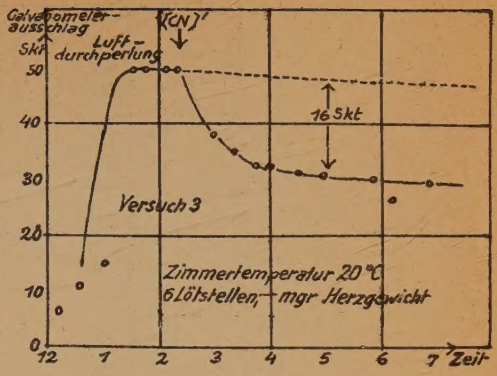


Abb. 4.

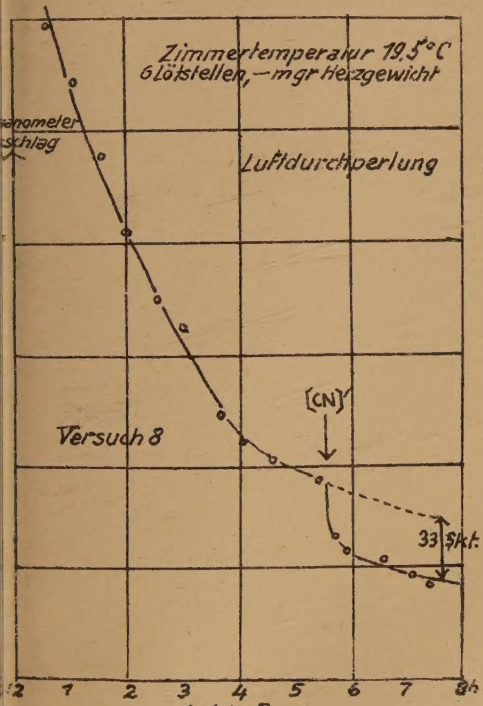


Abb. 5.

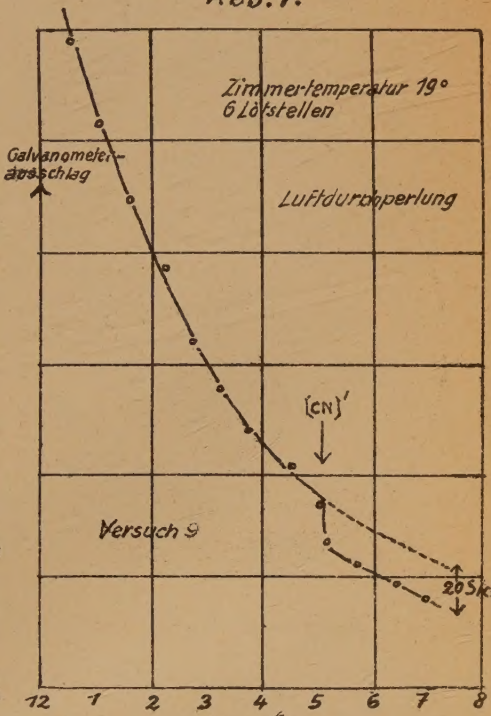


Abb. 6

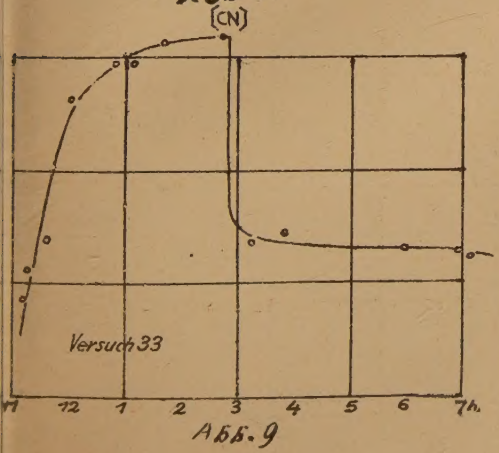


Abb. 9

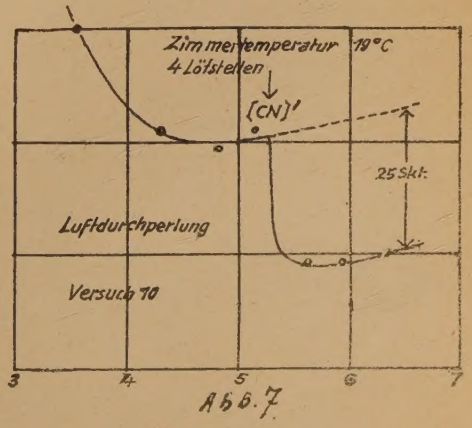


Abb. 7.